



71 Anmelder:  
Wittenstein GmbH & Co. KG, 97999 Igersheim, DE

74 Vertreter:  
Dr. Weiss, Weiss & Brecht, 78234 Engen

72 Erfinder:  
Butsch, M., Prof. Dr.-Ing., 88718 Daisendorf, DE;  
Baumgart, Rainer, Priv.-Doz. Dr.med., 81479  
München, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 42 37 154 C1  
DE-PS 8 65 631  
DE-PS 4 30 112  
DE 195 28 033 A1  
DE 42 00 976 A1  
DE 37 01 673 A1  
DE 30 34 753 A1

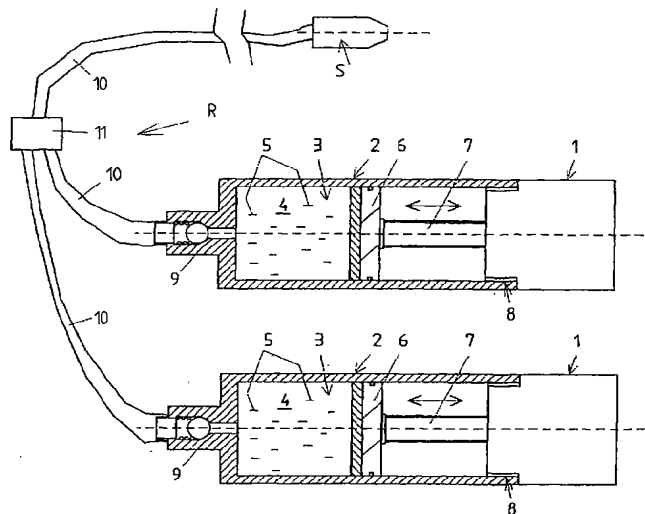
DE 29 08 530 A1  
DE 24 30 158 A1  
DE 298 06 716 U1  
DE 295 01 973 U1  
US 50 37 431 A  
US 49 13 698 A  
EP 02 58 901 A2  
WO 98 44 853 A1  
WO 96 39 953 A1

WALLISER, Gerhardt: Elektronik im Kraftfahrzeug-  
wesen, expert-Verlag, Renningen-Malmsheim,  
1997,  
2. Aufl., S.140-143;  
Kraftfahrtechnisches Taschenbuch,  
Springer-Verlag,  
Berlin, u.a., 1998, 22. Aufl., S.521,522;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen

57 Bei einem Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Wasserstrahl Schneidanlage (R), aus welcher ein unter Druck stehendes Trennmedium (4) ausgebracht wird, soll das Trennmedium (4) pulsiert auf die biologische Struktur ausgebracht werden.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Wasserstrahlschneidanlage, aus welcher ein unter Druck stehendes Trennmedium ausgebracht wird sowie ein Schneiddüsenelement und eine Wasserstrahlschneidanlage.

Derartige Verfahren sind in vielfältiger Form und Ausführung auf dem Markt bekannt und gebräuchlich.

Insbesondere in der Medizin ist bekannt, mit Wasserstrahlschneiden einen Knochen, beispielsweise von aussen zu durchtrennen. Nachteilig daran ist, dass bei herkömmlichen Wasserstrahlschneidverfahren das Weichteilgewebe und nicht nur der Knochen zerstört werden. Das Gefässsystem im Weichteilgewebe beim Knochen ist insbesondere für das Zusammenwachsen des Knochens bzw. für die Kallusbildung wichtig. Daher ist es erforderlich beim Wasserstrahlentfernen bzw. Durchtrennen von biologischen Substanzen, insbesondere von Knochen, möglichst schonend eine Entfernung bzw. Durchtrennung des Knochens vorzunehmen. Bei herkömmlichen Wasserstrahlschneidverfahren wird über eine Schneiddüse das Wasser direkt auf den freigelegten Knochen aufgebracht, wobei das auch im Knochen vorhandene Gefässsystem geschädigt wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Wasserstrahlschneidanlage mit Schneiddüsenelement zu schaffen, mit welchem auf einfache und schonende Weise eine Entfernung und/oder Durchtrennung von biologischen Substanzen, insbesondere von Knochen möglich ist. Es soll auch die Handhabbarkeit von entsprechenden Wasserstrahlschneidanlagen mit Schneiddüsenelementen erheblich verbessert werden. Ferner ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Operationszeiten, insbesondere beim Trennen oder Durchtrennen von Knochen zu verkürzen, wobei hierdurch hohe Operationskosten reduziert werden sollen. Zudem soll eine Operation für den Patienten bei schnellerer Genesung wesentlich schonender erfolgen.

Die Lösung dieser Aufgabe ist, dass das Trennmedium pulsiert auf die biologische Struktur ausgebracht wird.

Hierdurch wird gewährleistet, dass insbesondere das Weichteilgewebe durch einen pulsierten Strahl zurückbewegt und anschliessend das Trennmedium auf den Knochen trifft, um diesen teilweise zu entfernen oder um diesen zu durchtrennen. Dabei kann es auch von Vorteil sein, eine entsprechende Schneiddüse zum Durchtrennen des Knochens in die Markhöhle des Knochens einzuführen und radial den Knochen mit einer Kerbe von innen zu versehen.

Beispielsweise wird eine radial angeordnete Düse in einem Schneiddüsenelement in der Markhöhle eines Röhrenknochens während dem Ausbringen des Trennmediums gedreht. Dabei kann der Knochen zumindest teilweise von innen durchtrennt werden. Es kann unter Umständen auch ausreichen, lediglich eine Kerbe in den Knochen einzuschneiden, damit er anschliessend in herkömmlicher Weise von aussen durch einen kleinen Schlag getrennt bzw. durchbrochen werden kann. Die äussere Knochenhaut wird dabei nicht zerstört. Eine anschliessende Weiterbehandlung des Knochens, beispielsweise Distraction, kann dann erfolgen.

Wichtig ist jedoch, dass über diese Verfahren ganz gezielt ein pulsiertes Wasserstrahl, d. h., in einer ganz bestimmten Frequenz unter einer Druckänderung aus einer Düsenöffnung eines Schneiddüsenkörpers ausgebracht wird. Diese Pulsation bzw. das Pulsieren wird definiert als Druckänderung eines Wasserstrahles, welcher entweder nur eine geringfügige oder eine vollständige Druckänderung bis zum absoluten Druckabfall erfährt. Dem Trennmedium kann ein

biologisch geeignetes anorganisches und/oder organisches Abrasivmittel zugeführt werden, damit die Abtragsleistung beim Wasserstrahlschneiden erheblich erhöht wird. Auf diese Weise lassen sich Knochen mit wesentlich geringeren Drücken durchtrennen.

Wichtig ist jedoch, dass das pulsierte Ausbringen des Trennmediums ein Zurückbewegen von weichem, elastischen Gewebe beim Auftreffen zur Folge hat, wobei hingegen beim Auftreffen des Trennmediums auf das Knochengewebe dieses durchtrennt oder entfernt wird.

Dadurch, dass das Trennmedium pulsiert auf die biologische Struktur ausgebracht wird und Arbeitsdrücke verwendet werden, die ohne Pulsation zu einer Zerstörung der weicheren Strukturen führen würden und durch die geeignete Wahl der Pulsation diese weichen biologischen Strukturen aufgrund ihrer höheren Elastizität im Vergleich zu den umliegenden härteren biologischen Strukturen mit geringerer mechanischer Belastung im elastischen Bereich beansprucht werden, werden die härteren biologischen Strukturen aufgrund der Überschreitung der Elastizitäts- bzw. Bruchgrenze getrennt.

Wird ein Schneiddüsenelement in den Knochen eingeführt, so ist ein entsprechendes Element, insbesondere Schlauchelement od. dgl. vorgesehen, um das austretende Medium aus dem Inneren des Knochens abzusaugen.

Die Pulsation wird in der Schneiddüse im wesentlichen durch sich verändernde Querschnitte in dem Schneiddüsenelement selbst erzeugt. Dies hat zum Vorteil, dass keine Trägheitsverluste, durch beispielsweise lange ggf. elastische oder nachgiebige Schlauchleitungen einen sich ändernden Druckimpuls abschwächen würden.

Damit eine entsprechende Pulsation in den einzelnen Schneiddüsenelementen erzeugt werden kann, sitzt innerhalb eines Schneiddüsenkörpers ein Absperrerelement, welches ein innerhalb oder ausserhalb von diesem entlangströmendes Medium durch rotatorische oder translatorische Hin- oder Herbewegung beeinflusst. Eine Querschnittsveränderung erfolgt. Dabei erfolge eine Druckänderung, insbesondere ein Druckabfall. Der Druckabfall kann sogar gegen Null gehen.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll jedoch auch liegen, dass die Druckänderungen in kleinen und auch grossen Bereichen stattfinden können. Hier sei der Erfindung ebenfalls keine Grenze gesetzt.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ein Schneiddüsenelement gebildet, welches zumindest eine radiale Schneiddüsenöffnung aufweist. Dieses Schneiddüsenelement wird in einen Knochen eingeführt, ggf. über nicht dargestellte stirnseitige Abstandhalter in einer bestimmten Position gehalten. Durch axiales Verdrehen des Schneiddüsenkörpers wird bei gleichzeitigem Ausbringen eine Kerbe oder sogar eine Durchtrennung des Knochens erzeugt. Damit das abfliessende Trennmittel nicht im Knocheninnenraum verbleibt, ist das entsprechende Absperrerelement, welches innerhalb des Schneiddüsenkörpers vorgesehen ist, als Hohlwelle ausgebildet und kann die Flüssigkeit aus dem Innenraum des Knochens absaugen. Damit auch andere Anwendungen zum Trennen bzw. Entfernen von Knochen möglich sind, sind in anderen Ausführungsbeispielen Schneiddüsenelemente aufgezeigt, welche stirnseitige Düsenöffnungen aufweisen. Auch diese lassen sich in einer bestimmten Frequenz, die wählbar ist, öffnen und verschliessen, so dass ein pulsiertes Wasserstrahl ausbringbar ist.

Eine entsprechende Wasserstrahlschneidanlage ist mit einem austauschbaren Vorratsbehälter unterschiedlicher Grösse bestückt, wobei im wesentlichen das Vorratsbehälter austauschbar mit einer Druckerzeugungseinrichtung verbindbar ist. Die Druckerzeugungseinrichtung ist bevorzugt

elektromechanischer Art und bewegt einen Linearantrieb auf ein Druckkolbenelement. Hierdurch wird in einem Druckraum ein Druck erzeugt, welcher über eine Verbindungsleitung dem Schneiddüsenelement zugeführt werden kann. Bevorzugt sind die Vorratsbehälter von unterschiedlich wählbarer Grösse und enthalten das Trennmedium mit ggf. Abrasivmitteln.

Lediglich das Schneiddüsenelement muss nach dem Operieren gereinigt werden. Das Vorratsbehältnis wird lediglich ausgetauscht und kann nach dem Gebrauch recycelt werden.

Von Vorteil ist ferner, dass eine derartige Wasserstrahlschneidanlage äusserst klein und kostengünstig herzustellen ist, da auf die Druckerzeugungseinrichtung ein beliebiges Vorratsbehältnis aufgesetzt werden kann.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in

**Fig. 1** eine schematisch dargestellte Draufsicht auf eine erfindungsgemässe Wasserstrahlschneidanlage mit austauschbarem Vorratsbehältnis;

**Fig. 2** einen schematisch dargestellten Teillängsschnitt durch ein erfindungsgemässes Schneiddüsenelement;

**Fig. 3** einen teilweise dargestellten Längsschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines weiteren Schneiddüsenelementes;

**Fig. 4** einen schematisch dargestellten Teillängsschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel des Schneiddüsenelementes.

Gemäss **Fig. 1** weist eine erfindungsgemässe Wasserstrahlschneidanlage **R** zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere eines menschlichen Knochens eine Druckerzeugungseinrichtung **1** auf, an welche sich vorzugsweise austauschbar ein Vorratsbehältnis **2** anschliesst. Das Vorratsbehältnis **2** weist einen Druckraum **3** auf, in welchem ein Trennmedium **4** eingebracht ist.

Vorzugsweise ist das Trennmedium **4** steriles und keimfreies Wasser, welches ggf. mit Abrasivmittel **5** angereichert ist. Als Abrasivmittel **5** können anorganische oder organische Stoffe, wie bspw. Natriumchloride, biologische Aminosäuren, Mono- und Disaccharide sowie Zucker und Alkohole verwendet werden. Diese Abrasivmittel **5** können auch über Injektoren od. dgl., wie sie hier nicht dargestellt sind, zugeführt werden.

Das Vorratsbehältnis **2** ist mittels eines Druckkolbenelementes **6** verschlossen, welches über einen Linearantrieb **7** der Druckerzeugungseinrichtung **1** betätigbar ist. Bevorzugt ist der Linearantrieb **7** eine ausfahrbare mechanische Spindel, die insbesondere als elektromechanisch betriebenen Linearaktuator der Druckerzeugungseinrichtung **1** antreibbar ist. Über hier nicht dargestellte Getriebe und dgl. Antriebs-elemente kann die Spindel ausgefahren werden und einen sehr hohen Druck auf den Druckkolben **6** ausüben. Dabei stützt sich das Vorratsbehältnis **2** über einen Schnellverschluss **8** an der Druckerzeugungseinrichtung **1** ab. Der Schnellverschluss **8** kann von unterschiedlichster Art sein und eine Gewindeverbindung, eine Steckverbindung, einen Bajonettverschluss od. dgl. aufweisen. Hier sei der Erfindung keine Grenze gesetzt.

Wichtig ist jedoch, dass nach einem vollständigen Ausbringen des Trennmediums **4** aus dem Druckraum **3** durch Bewegen des Druckkolbenelementes **6** in Richtung eines Auslassventiles **9** das Medium **4** vollständig über eine Verbindungsleitung **10** einem Schneiddüsenelement **S** zugeführt wird. Dort wird unter sehr hohem Druck das Trennmedium **4** radial oder axial ausgebracht.

Das Auslassventil **9** ist vorzugsweise als Rückschlagventil ausgebildet. Dieses ist wieder lösbar mit der Verbin-

dungsleitung **10** verbunden, wobei auch daran gedacht sein kann, eine lösbare Verbindung zwischen Auslassventil **9** und Druckerzeugungseinrichtung **1** herzustellen.

Die Funktionsweise der vorliegenden Wasserstrahlschneidanlage ist folgende:

Zum Wasserstrahlschneiden wird ein Trennmedium unter Druck, insbesondere druckbeaufschlagt dem Schneiddüsenelement **S** zugeführt. Hierzu wird das Vorratsbehältnis **2** der Druckerzeugungseinrichtung **1** aufgesetzt. Das Trennmedium **4** ist eingefüllt. Das Vorratsbehältnis **2** wird dann durch Beaufschlagung des Druckkolbens **6** über den Linearantrieb **7** mit Druck beaufschlagt, so dass vollständig das Trennmedium **4** über die Verbindungsleitung **10** dem Schneiddüsenelement **S** zugeführt werden kann. Damit keine Totzeiten beim Operieren entstehen, wenn bspw. ein Vorratsbehältnis entleert ist, kann eine zweite Druckerzeugungseinrichtung **1** mit einem zweiten Vorratsbehältnis **2** vorgesehen sein, welche gemeinsam über ein Wegeventil **11** das Trennmedium **4** dem Schneiddüsenelement **S** zuführt. Während das eine Vorratsbehältnis beim Operieren entleert wird, kann das andere Vorratsbehältnis ausgetauscht werden.

Vom vorliegenden Erfindungsgedanken sollen auch unterschiedliche Vorratsbehältnisse **2** mit unterschiedlich grossen Aufnahmefähigkeiten für Trennmedium universell ausgebildet sein, die beispielsweise auf eine einzige Druckerzeugungseinrichtung **1** passen.

In **Fig. 2** ist ein mögliches Schneiddüsenelement **S<sub>1</sub>** aufgezeigt, welches einen Schneiddüsenkörper **12** aufweist, der im Inneren hohl ausgebildet ist. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel ist radial zumindest eine Düsenöffnung **13** vorgesehen, durch welche das Trennmedium **4** unter sehr hohem Druck zum Trennen, Schneiden oder Entfernen ausströmt.

Innerhalb des Schneiddüsenkörpers **13** ist ein Absperrelement **14** vorgesehen welches, wie in Doppelpfeilrichtung **Y** dargestellt, axial hin- und herbewegbar ist.

Das Absperrelement **14** bildet über einen Konus **15** mit einem entsprechenden gleichartigen Verlauf des Schneiddüsenkörpers **12** einen konusartigen Ringspalt **16**.

Im Anschluss an den Konus **15** ist das Absperrelement **14** verjüngt ausgebildet und bildet zum Schneiddüsenkörper **12** einen Ringraum **17**, aus welchem das Trennmedium **4** durch die radial vorgesehene Düsenöffnungen **13** nach aussen ausströmt. An den Ringraum **17** schliesst ein Wellenabsatz **18** des Absperrelementes **14** an, welcher nahezu spielfrei innen mit dem Schneiddüsenkörper **12** in Verbindung steht. Im Anschluss an den Wellenabsatz **18**, welcher auch zur Zentrierung und axialen Führung des Absperrelementes **16** dient, schliesst ein Kraftspeicherelement **19** an, welches sich stirnseitig an dem Wellenabsatz **18** und andererseits stirnseitig am Schneiddüsenkörper **12** innen abstützt. Hierdurch wird permanent das Absperrelement **14** in einer X-Richtung ausgelenkt. Das Trennmedium **4** strömt durch den Ringspalt **16** hindurch und wird anschliessend über den Ringraum **17** aus den Düsenöffnungen **13** unter hohem Druck ausgebracht.

Wichtig bei der vorliegenden Erfindung ist jedoch, dass ein pulsierender Strahl aus den Düsenöffnungen **13** aufgrund eines sehr kleinen Ringspaltes **16** im Bereich des Konus **15** erzeugt wird, in welcher das Trennmedium stark beschleunigt wird. Hierdurch entsteht ein Unterdruck, der den Ringspalt **16** weiter verringert, bis kein Trennmedium **4** fliesst.

Hierdurch wird das Absperrelement **14** entgegen der dargestellten X-Richtung bewegt. Dadurch wird das Kraftspeicherelement **19** gespannt und beaufschlagt das Absperrelement **14** mit Druck. Dieses gibt dem Druck des Kraftspei-

cherelementes **19** nach und verursacht eine Bewegung des Absperrelementes **14** in dargestellter X-Richtung, so dass das Trennmedium **4** wieder durch den erweiterten Ringspalt **16**, anschliessenden Ringraum **17** und damit durch die Düsenöffnung **13** ausströmen kann. Dieser Vorgang wiederholt sich.

Aufgrund unterschiedlich einstellbarer Drücke und wählbarer Kraftspeicherelemente **19** sowie unterschiedlicher Ringspaltgeometrien des Ringspaltes **16** lässt sich eine Pulsation steuern bzw. einstellen. Diese Pulsation dient im wesentlichen zum Entfernen und Durchtrennen von Knochen sowie Gewebebestandteilen. Es hat sich als besonders günstig erwiesen, die Pulsation zu verwenden.

Gewebestrukturen die nicht beschädigt werden dürfen, wie beispielsweise die Knochenhaut, werden durch einen pulsierenden Strahl nur im elastischen Bereich bewegt. Der pulsierte Strahl entfernt bzw. durchtrennt anschliessend die biologische Struktur, insbesondere den Knochen. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass nur geringfügig Knochenhaut bzw. sonstiges weiches Gewebe beim Durchtrennen von Knochen angegriffen bzw. beschädigt wird.

An das Absperrelement **14** schliesst ein Schlauchelement **22** an, welches vorzugsweise von elastischer Art ist. Es lässt eine axiale Bewegung des Absperrelementes **14** in dargestellter Y-Richtung zu. Gleichzeitig dient es zum Absaugen von Trennmittel **4**, welches sich im Knocheninneren befindet, wenn das Schneiddüsenelement **S<sub>1</sub>** in einen Knocheninnenraum eingeführt ist.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gemäss **Fig. 3** ist ein Schneiddüsenelement **S<sub>2</sub>** aufgezeigt, bei welchem in dem Schneiddüsenkörper **12** stirnseitig axial die Düsenöffnung **13** vorgesehen ist.

Innerhalb des hohl ausgebildeten Schneiddüsenkörpers **12** ist ein Absperrelement **14** als Hohlwelle eingesetzt, welches in dargestellter Z-Richtung um eine Achse **20** drehbar ist.

Stirnseitig ist in dem hohl ausgebildeten Absperrelement **14**, welches passgenau in den Schneiddüsenkörper **12** passt, eine Austrittsöffnung **21** vorgesehen, die in einer bestimmten Lage mit der Düsenöffnung **13** übereinstimmt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll jedoch auch liegen, dass eine Mehrzahl von Austrittsöffnungen **21** stirnseitig vorgesehen sind, so dass bei einer Drehung des Absperrelementes **14** pulsierend das Trennmedium **4**, welches innerhalb des Absperrelementes **14** unter hohem Druck eingeführt ist, über die Austrittsöffnung **21** und bei Übereinstimmung mit der Düsenöffnung **13** nach aussen austritt. Durch die Anzahl der entsprechenden Austrittsöffnungen **21** bzw. durch die Rotationsgeschwindigkeit des Absperrelementes **14** um eine Achse **20** lässt sich Einfluss auf die Pulsation bzw. das getaktete Ausbringen von Trennmedium **4** aus der Düsenöffnung **13** nehmen. Die Rotation kann auf beliebige Weise, mechanisch, elektromechanisch oder sonstwie erfolgen.

In dem letzten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gemäss **Fig. 4** ist ein Schneiddüsenelement **S<sub>3</sub>** aufgezeigt, bei welchem der Schneiddüsenkörper **12** ebenfalls hohl ausgebildet ist und stirnseitig im Bereich einer Achse **20** eine Düsenöffnung **13** aufweist.

Innerhalb des Schneiddüsenkörpers **12** sitzt axial bewegbar das Absperrelement **14**, welches konusartig ausgebildet ist und in einen entsprechend gebildeten Konus des Schneiddüsenkörpers **12** eingreift. Zwischen Absperrelement **14** und dem Innenraum des Schneiddüsenkörpers **12** strömt das Trennmittel **4**, wenn der Ringspalt **16** geöffnet ist. Ein Öffnen und Schliessen des Ringspaltes **16** erfolgt durch translatorische axiale Bewegung des Absperrelementes **14** in dargestellter Doppelpfeilrichtung Y. Diese Bewegung

kann beispielsweise mechanisch, elektromechanisch oder sogar durch ein Piezoelement erzeugt werden. Hier sind vielerlei Möglichkeiten denkbar, die in den Rahmen der Erfindung fallen sollen.

#### Positionszahlenliste

- 1 Druckerzeugungseinrichtung
- 2 Vorratsbehälter
- 3 Druckraum
- 4 Trennmedium
- 5 Abrasivmittel
- 6 Druckkolbenelement
- 7 Linearantrieb
- 8 Schnellverschluss
- 9 Auslassventil
- 10 Verbindungsleitung
- 11 Wegeventil
- 12 Schneiddüsenkörper
- 13 Düsenöffnung
- 14 Absperrelement
- 15 Konus
- 16 Ringspalt
- 17 Ringraum
- 18 Wellenabsatz
- 19 Kraftspeicher
- 20 Achse
- 21 Austrittsöffnung
- 22 Schlauchelement
- R Wasserstrahlschneidanlage
- S Schneiddüsenelement
- S<sub>1</sub> Schneiddüsenelement
- S<sub>2</sub> Schneiddüsenelement
- S<sub>3</sub> Schneiddüsenelement
- X Richtung
- Y Doppelpfeilrichtung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Wasserstrahlschneidanlage (R) aus welcher ein unter Druck stehendes Trennmedium (4) ausgebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trennmedium (4) pulsiert auf die biologische Struktur ausgebracht wird.
2. Verfahren zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Wasserstrahlschneidanlage (R) aus welcher ein unter Druck stehendes Trennmedium ausgebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit dem Trennmedium (4) eine Knochenwand zumindest teilweise von innen beaufschlagt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit einem pulsierenden Trennmedium die Knochenwand beaufschlagt wird.
4. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Trennmedium (4) ein organisches und/oder anorganisches Abrasivmittel (5) zugegeben wird.
5. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pulsation des Trennmediums (4) unmittelbar vor Austritt in einem Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) erzeugt wird.
6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pulsation durch frequentierende ggf. alternierende Druckänderung des auszubringenden Trennmediums (4) erzeugt wird.

7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsation im Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) mechanisch, pneumatisch, elektromagnetisch nach dem Piezoeffekt oder elektromechanisch erzeugt wird, wobei eine Frequenz der Druckänderung beliebig eingestellt wird. 5
8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsation erzeugt wird unter Ausnutzung des Effektes der Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des Trennmediums in einem Spalt oder Ringspalt (16) bei gleichzeitiger Minderung des Druckes und die Verkleinerung des Spaltes durch ein bewegliches Absperrteil (14), welches durch den Unterdruck bewegt wird und einem Kraftspeicher, der bei Spalt Null und Strömung Null den Spalt wieder öffnet. 10 15
9. Wasserstrahlschneidanlage zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen mit einer Druckerzeugungseinrichtung (1), an welche zumindest ein Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) anschliessbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Vorratsbehältnis (2) mit zumindest einem eingebrachten Trennmittel (4) austauschbar der Druckerzeugungseinrichtung (1) zugeordnet ist. 20
10. Wasserstrahlschneidanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass an das Vorratsbehältnis (2), insbesondere an einen Druckraum (3), zumindest ein Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>4</sub>) anschliessbar ist. 25
11. Wasserstrahlschneidanlage nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerzeugungseinrichtung (1) einen Linearantrieb (7), insbesondere einen elektromechanisch betriebenen Linearaktuator aufweist, welcher ein Druckkolbenelement (6) des Vorratsbehältnisses (2) mit Druck beaufschlagt. 30
12. Wasserstrahlschneidanlage nach wenigstens einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorratsbehältnis (2) wieder lösbar mit der Druckerzeugungseinrichtung (1) über zumindest einen Schnellverschluss (8) ggf. als Gewinde oder als Bajonettverschluss in Verbindung steht. 35 40
13. Wasserstrahlschneidanlage nach wenigstens einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Druckerzeugungseinrichtungen (1) mit austauschbaren Vorratsbehältnissen (2) an ein Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>3</sub>) anschliessbar sind, wobei entweder die eine oder andere Druckerzeugungseinrichtung (1) das Trennmedium (4) an das Schneiddüsenelement (S, S<sub>1</sub> bis S<sub>3</sub>) fördert. 45
14. Schneiddüsenelement zum Trennen oder Entfernen einer biologischen Struktur, insbesondere Knochen, welchem ein unter Druck stehendes Trennmedium (4) zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass stirnseitig oder radial in einem Schneiddüsenkörper (12) zumindest eine Düsenöffnung (13) vorgesehen ist. 50
15. Schneiddüsenelement nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schneiddüsenkörper (12) zumindest ein Absperrlement (14) zum pulsierten Verschliessen der Düsenöffnung (13) zugeordnet ist. 55
16. Schneiddüsenelement nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Absperrlement (14) innerhalb des Düsenkörpers (12) angeordnet ist. 60
17. Schneiddüsenelement nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Absperrlement (14) innerhalb des Düsenkörpers (12) translatorisch und/oder rotatorisch bewegbar, insbesondere hin- und herbewegbar angeordnet ist. 65
18. Schneiddüsenelement nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass durch die translatorische und/

oder rotatorische Bewegung des Absperrlementes (14) die Düsenöffnung (13) im zeitlichem Abstand, pulsiert verschliessbar ist.

19. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb zwischen Schneiddüsenkörper (12) und Absperrlement (14) ein Spalt oder konusartiger Ringspalt (16) gebildet ist, durch welchen das Trennmedium (4) strömt.

20. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass zum Absaugen von Trennmittel und biologischen Substanzen das Absperrlement (14) hohlwellenartig ausgebildet ist und stirnseitig aus dem Schneiddüsenkörper (12) herausragt.

21. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Absperrlement (14) mit einem die Düsenöffnung (13) verschliessenden Wellenabsatz (18) versehen ist, welcher axial mittels eines Kraftspeicherelementes (19) druckbeaufschlagt ist.

22. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass an das Absperrlement (14) zum Absaugen ein elastisches Schlauchelement (22) anschliesst, welches eine translatorische und/oder rotatorische Bewegung des Absperrlementes (14) ausgleicht.

23. Schneiddüsenelement nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass in den Schneiddüsenkörper (12) ein rotierbares Absperrlement (14) eingesetzt ist.

24. Schneiddüsenelement nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass dem Absperrlement (14) ein Trennmedium (4) zugeführt wird, welches zumindest eine radiale oder axiale Austrittsöffnung (13) aufweist, welche durch Rotation und/oder Translation auf eine übereinstimmende Düsenöffnung (13) des Schneiddüsenkörpers (12) bewegbar ist.

25. Verwendung von Komponenten der Common-Rail-Einspritztechnik, insbesondere für Druckerzeugung, Ventiltechnik und elektronische Steuerung für eine Wasserstrahlschneidanlage und/oder ein Schneiddüsenelement.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

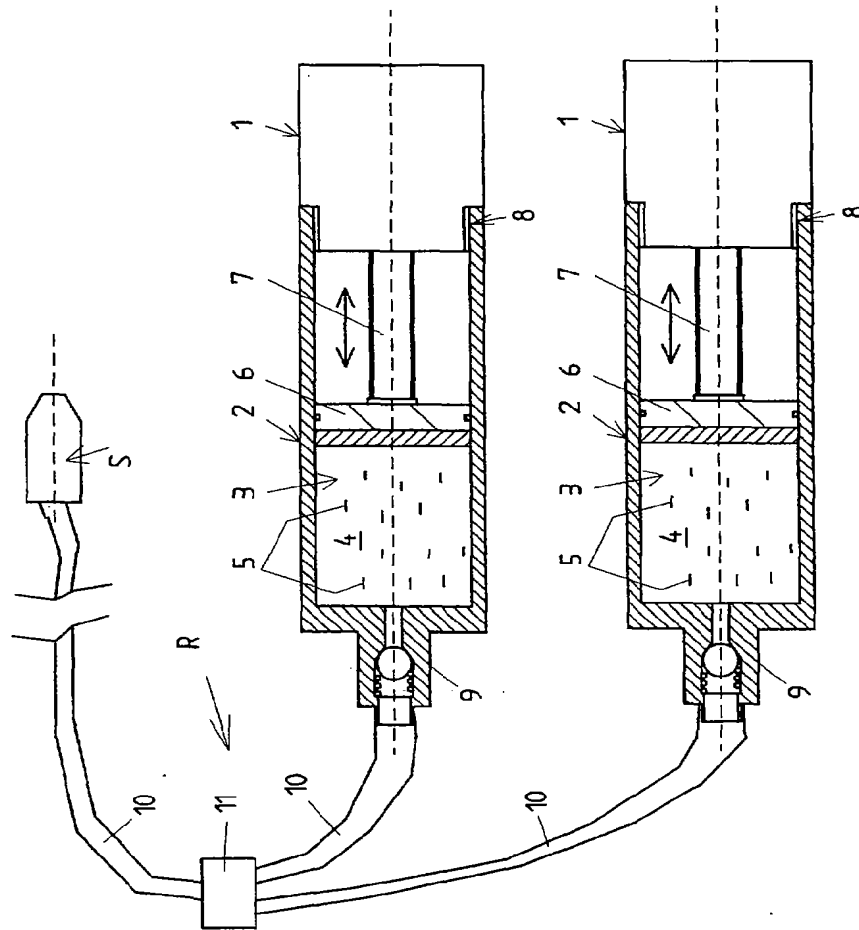


Fig. 1

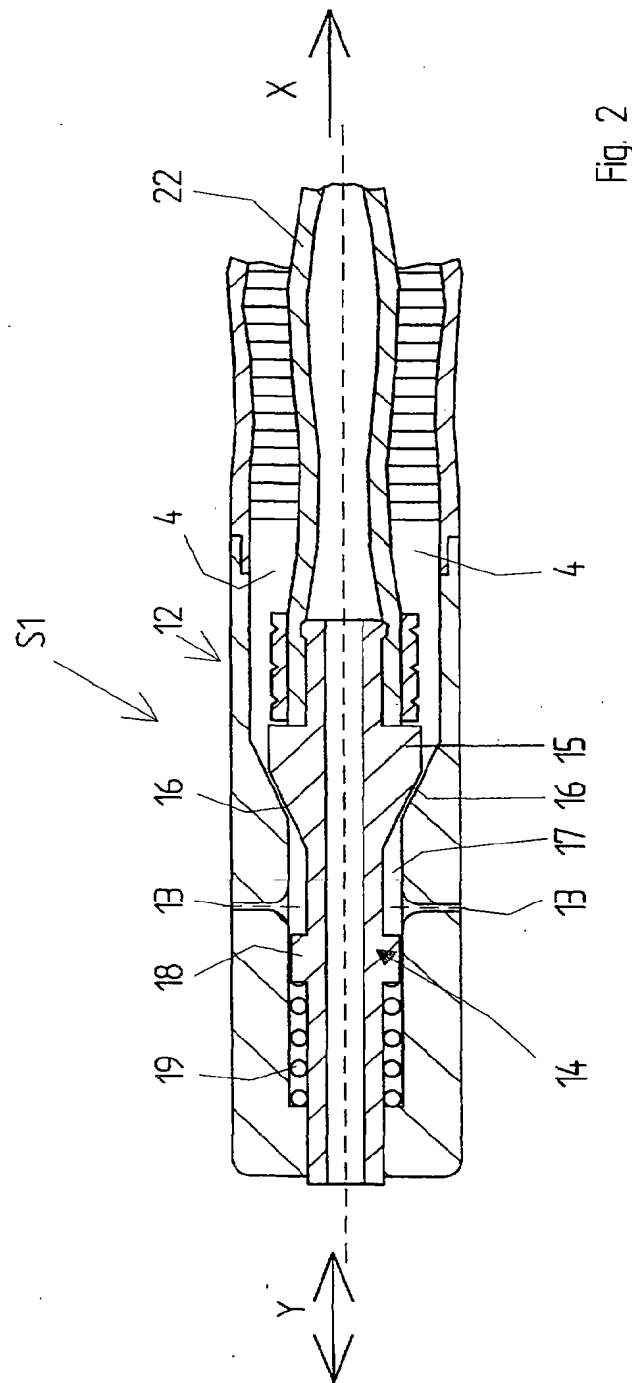


Fig. 2



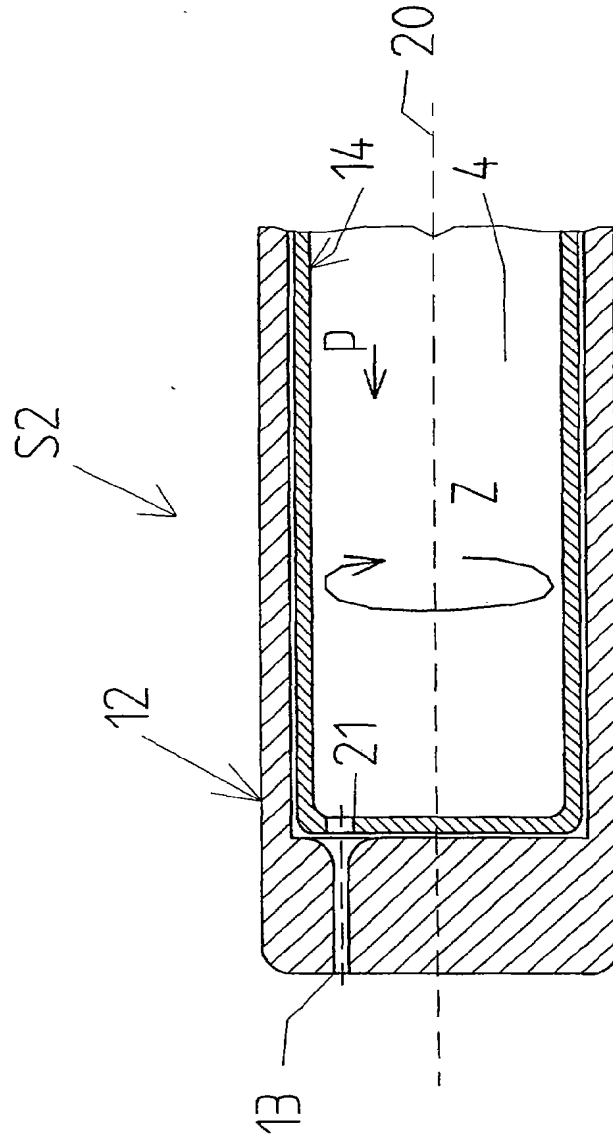


Fig. 3

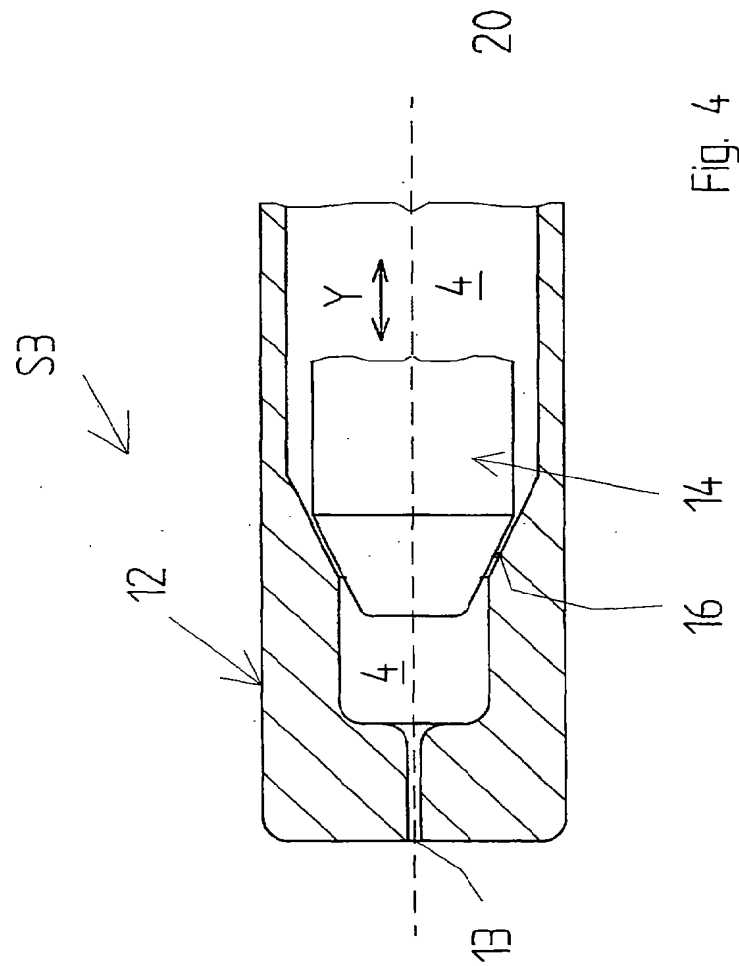


Fig. 4